ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک غنی‌شده با پودر پروتئین ماهی و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز

سینا باباخانی[1]، سیما مقدس زاده اهرابی[2*]، مهدی قره‌خانی[3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
2- استادیار بیومتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
3- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت: 97/06/17 تاریخ پذیرش: 98/10/02)

چکیده

هدف از اجرای این پژوهش در مرحله نخست امکان‌سنجی تولید پودر پروتئین با کیفیت نوع A (پودری تقریباً بی بـو و بـی‌مـزه کـه دارای حـداکثر محتوای نهایی چربی معادل 0/75 درصد باشد) از گوشت چرخ‌شده‌ی ماهی کپور معمـولی بـه روش اسـتخراج بـا حـلال و در مرحلـه بعـد بررسـی جایگزینی آرد مصرفی با پودر پروتئین ماهی استخراج‌شده به همراه آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در فرمولاسیون کیک و ارزیابی کیفیت حسی، خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی و ارزش غذایی آن در دمای محیط بود. جهت انجام آزمایشات، 1 تیمار شاهد و 6 تیمار شامل غلظت‌های 6 و 8 درصد پودر پروتئین ماهی با افزودن سطوح 0/5 و 1 درصد آنزیم ترانس گلوتامیناز (جایگزین آرد مصرفی). تیمار شاهد، بدون پودر پروتئین ماهی و آنزیم بود. فاکتورهای پروتئین و خاکستر در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌دار و فاکتورهای رطوبت و چربی کاهش معنـی‌دار یافتنـد ($P<0.05$). اندیس پراکسید و pH در تیمارهای آزمایشی حاوی 8 درصد پودر پروتئین ماهی در مقایسه با سایر تیمارها افزایش معنی‌دار و اسیدیته کاهش معنی‌دار نشان داد ($P<0.05$). فاکتورهای حسی شامل طعم، رنگ، بافت، بو و مقبولیت کلی بین تیمار 6 درصد پودر پروتئین ماهی حاوی 0/5 درصد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در مقایسه با نمونه‌ی شاهد تفاوت معنی‌دار نشان نداد ($P>0.05$). افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به کیک‌های حاوی پودر پـروتئین ماهی باعث بهبود خواص فیزیکوشیمیایی نمونه‌ها گردید. با توجه به نتایج به دست آمده و عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمار 6 درصد پودر پروتئین ماهی و 0/5 درصد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در مقایسه با نمونه‌ی شاهد می‌توان این تیمار را به عنوان تیمار مناسب برای تهیه‌ی کیک پیشنهاد کرد.

کلید واژگان: پودر پروتئین ماهی (FPP)، آنزیم ترانس‌گلوتامیناز، غنی‌سازی، کیک.

* مسئول مکاتبات: s.moghaddaszadeh@iaut.ac.ir

1- مقدمه

امروزه آگاهی مردم نسبت به مزایای خوراکی آبزیان و فرآورده‌های حاصل از آن‌ها به‌طور روزافزون در حال افزایش است. پروتئین از دو منبع گیاهی و حیوانی قابل تأمین است. پروتئین منابع حیوانی به علت داشتن اسیدهای آمینه‌ی ضروری بیشتر، از ارزش‌های بالاتری نسبت به پروتئین‌های گیاهی برخوردار هستند [1]. ویژگی‌هایی از جمله داشتن پروتئین دارای تمام اسیدهای آمینه ضروری و چربی‌هایی با اسید چرب غیراشباع که با کاستن از خطر بیماری‌های قلبی‌عروقی سبب تندرستی مصرف‌کننده می‌شوند، از مزایای مصرف آبزیان است. آبزیان همچنین به‌آسانی در دستگاه گوارش انسان هضم می‌شوند و منبع بسیاری از عناصر خوراکی به شمار می‌روند [2].

مقدار چربی در فرآورده‌های مختلف غلات متفاوت است. به‌گونه‌ای که چربی به‌کار رفته در فرمول برخی از فرآورده‌ها مانند نان پایین است؛ اما در سایر فرآورده‌های غلاتی نظیر کیک‌ها بالاست. کاهش چربی در فرآورده‌های غذایی بسیار دشوار است؛ زیرا چربی باعث ایجاد ظاهر، عطر، طعم، احساس دهانی و بافت مطلوب در ماده‌ی غذایی می‌گردد. بنابراین در بیشتر فرآورده‌های غذایی در هنگام کاستن چربی، از یک افزودنی دیگر که بتواند نقش چربی را ایفا کند و باعث تولید محصول مطلوب شود، استفاده می‌گردد [4 و 3].

طبق گزارش سازمان DRI[1]، مقدار مصرف پروتئین حدود 0/8 گرم پروتئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن یا 0/36 گرم در هر پوند است. این مقدار پروتئین برای یک مرد کم‌تحرک 56 گرم و یک زن کم‌تحرک 46 گرم در روز است. صرف نظر از توده‌ی عضلانی و اهداف بدنی، افرادی که از نظر جسمی فعال هستند، نسبت به افرادی که کم‌تحرک هستند، به پروتئین بیشتری احتیاج دارند [5]. آرد گندم پرمصرف‌ترین و مهم‌ترین نوع آرد در تهیه‌ی نان و سایر محصولات مشابه، مانند بیسکوئیت‌ها و انواع کیک‌ها می‌باشد. غنی‌سازی کیک با پروتئین می‌تواند از طریق ترکیب با مواد غنی از پروتئین به‌دست آید [6]. از طرفی دیگر محصولات پخت یکی از مواد غذایی هستند که در دنیا بیشترین مصرف را دارند. در بین این محصولات، کیک‌ها از شهرت ویژه‌ای برخوردارند و در نظر مصرف‌کنندگان به‌صورت یک محصول خوشمزه با ویژگی‌های ارگانولپتیک ویژه تلقی می‌گردند. مهم‌ترین عاملی که برای تفکیک نان از کیک در نظر گرفته می‌شود، حذف مخمر از کیک است. در سال 1727 میلادی برای اولین بار از تخم مرغ برای پف دادن کیک، استفاده شد. در این زمان به این نکته پی برده شده بود که اگر مقدار زیادی تخم مرغ در کیک استفاده شود، نیاز به به کار بردن مخمر نخواهد بود [7]. سازمان جهانی خوار و بار و کشاورزی ملل متحد، FPP[2] را هر نوع فرآورده‌ی پایدار از ماهی که برای مصرف انسانی تولید شود و میزان پروتئین آن، از ماده‌ی اولیه بیشتر باشد، تعریف نموده و آن را به سه نوع تقسیم نموده است:

1. نوع A: پودری تقریباً بی بو و بی‌مزه که دارای حداکثر محتوای نهایی چربی معادل 0/75 درصد باشد.
2. نوع B: پودری دارای بو و طعم ماهی و حداکثر محتوای چربی 3 درصد می‌باشد.
3. نوع C: در واقع نوعی آرد ماهی معمولی است که در شرایط بهداشتی قابل قبولی تولید می‌شود [8].

گوشت کپور ماهیان اکثر اسیدهای آمینه‌ی معمول در ماهیان و مواد مغذی ضروری برای انسان را دارد. میزان اسیدهای چرب غیراشباع آن حدود 80 درصد است که بیشتر شامل اسید لینولئیک، لینولنیک و آراشیدونیک است. در سال‌های اخیر فعالیت در زمینه‌ی تهیه‌ی فرآورده‌های مناسب نظیر FPP به منظور استفاده در رژیم غذایی انسان بسیار مورد توجه قرار گرفته است [9].

به‌منظور بهبود فرآیند غنی‌سازی و ارتقای کیفیت فرآورده‌ی به‌دست‌آمده می‌توان از آنزیم‌ها نیز استفاده کرد. آنزیم‌ها به‌عنوان بهبوددهنده‌های مواد غذایی شناخته شده‌اند که سالم بوده و در غذاهایی که پخته می‌شوند، آنزیم‌ها غیرفعال می‌شوند. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز[3] فرآیند آسیل‌ترانسفراز را کاتالیز می‌کند و با ایجاد باندهای کووالانت بین پروتئین‌ها، باعث بهبود بافت و کیفیت محصول غذایی می‌گردد و پروتئین‌های جدید با ویژگی‌های جدید و منحصر به‌فرد ایجاد می‌کند این پیوندها شامل اتصالات عرضی بین لایزین از یک پروتئین و گلوتامین از پروتئین دیگر است. این اتصالات بسیار پایدار و در برابر عواملی مانند تغییرات pH و حرارت، به‌طور

1. dietary reference intakes (مرجع رژیم غذایی)

2. Fish protein powder (پودر پروتئین ماهی)

3. Transglutaminase TG-1200

فوق‌العاده‌ای مقاوم هستند. بنابراین می‌توان با استفاده از آنزیم‌ها، کیفیت محصولات غذایی را تا حد امکان افزایش داد [10].

تولید کیک ماهی در داخل کشور تاکنون صورت نگرفته و در دنیا نیز به‌طور محدود مورد تحقیق قرار گرفته است. تاکنون مطالعه‌ای در خصوص استفاده از پودر پروتئین ماهی به همراه آنزیم ترانس‌گلوتامیناز جهت غنی‌سازی کیک گزارش نشده است. لذا این پژوهش در مرحله‌ی نخست استخراج پروتئین به روش استخراج با حلال ایزوپروپانول و تولید پودر پروتئین ماهی از ماهی کپور معمولی[4] انجام و در مرحله‌ی دوم اثر جایگزینی آرد با پودر پروتئین ماهی همراه با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و بدون آنزیم در فرمولاسیون کیک بررسی گردید.

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

مواد لازم جهت تولید کیک از فروشگاه‌های سطح شهر مهاباد تهیه گردید. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز از شرکت مرک آلمان از شهر اصفهان شرکت سفیرآزما خریداری گردید. پودر پروتئین ماهی در آزمایشگاه دانشگاه آزاد مهاباد استخراج گردید. به منظور انجام آزمایشات شیمیایی از مواد شیمیایی هیدروکسید سدیم، فنل‌فتالئین، کلروفرم، یدور پتاسیم، نشاسته، تیوسولفات سدیم، سولفات مس، اسیداستیک، اسیدسولفوریک، اسیدکلریدریک و اسیدبوریک همگی از شرکت مرک[5] آلمان و ایزوپروپانول، دی‌اتیل‌اتر و اتانول از شرکت‌های ایرانی خریداری شدند.

2-2- روش‌ها

2-2-1- استخراج پودر پروتئین ماهی

بر اساس مطالعات انجام‌شده استفاده از روش شیمیایی استخراج با کمک حلال، به‌منظور تولید پودر پروتئین ماهی که شرایط مطابق با استانداردهای خارجی و داخلی را داشته باشد بسیار مطلوب است؛ بنابراین جهت تولید پودر پروتئین از ماهی کپور ترکیبی از روش‌های فیزیکی و شیمیایی جهت استخراج چربی از حلال ایزوپروپانول استفاده گردید . در ابتدا ماهی کپور تازه پس از سر و دم زنی و تخلیه امعا و احشا داخلی، گوشت آن توسط آب تمیز و بهداشتی مورد شستشو قرار گرفت. پس از جداسازی پوست و استخوان‌ها، گوشت خالص چرخ‌شده و یکدست، طی 3 مرحله چربی‌زدایی صورت گرفت. در مرحله‌ی اول، گوشت خالص چرخ‌شده در داخل ارلن‌های 250 سی‌سی به نسبت 1 به 1 با ایزوپروپانول مخلوط و به مدت 50 دقیقه در دمای محیط 25 درجه‌ی سانتی‌گراد بر روی شیکر قرار داده شد [11]. بعد از سپری شدن این مدت زمان، محلول مزبور به کمک کاغذ صافی، صاف ومواد باقی‌مانده (گوشت چرخ‌شده‌ی ماهی) بر روی آن پرس گردید و جداسازی شد. در مرحله دوم استخراج، محصول فشرده‌ی تهیه‌شده از مرحله قبل برای بار دوم به نسبت 1 به 1 در ایزوپروپانول قرار داده شد و به مدت 90 دقیقه در دمای 75 درجه‌ی سانتی‌گراد داخل بن‌ماری قرار گرفت. پس از گذشت زمان یاد شده محلول مزبور دوباره صاف و پرس گردید. محصول پرس‌شده برای بار سوم به نسبت 1 به 1 با ایزوپروپانول مخلوط و به مدت 70 دقیقه در دمای 75 درجه‌ی سانتی‌گراد بر روی بن‌ماری قرار گرفت. پس از سپری شدن زمان یادشده محصول صاف و پرس‌شده، جهت خشک شدن به داخل آون با دمای 105 درجه‌ی سانتی‌گراد منتقل گردید تا کاملاً خشک شود. پس از خشک شدن، ترکیب حاصل آسیاب و از الک با مش 60 عبور داده شد و در نهایت پودر شیری رنگ و یکدستی حاصل گردید (شکل 1 و 2) [11].

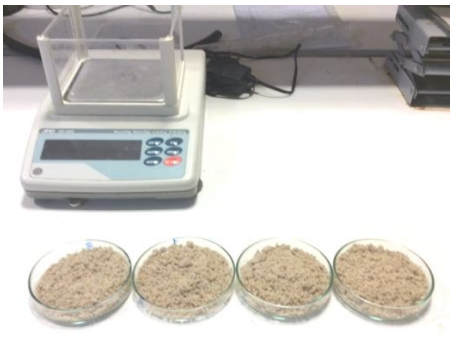


Fig 1 Meat obtained after three phases of dehydration

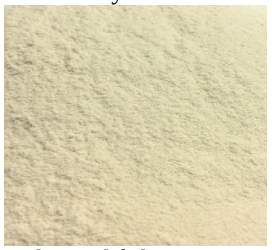


Fig 2 Obtained fish protein powder

4. Cyprinus carpio
5. Merck

2-2-2- آماده‌سازی نمونه‌های کیک

توزین و آماده‌سازی مواد اولیه خمیر با روش شکر- خمیـر بـر اساس دستورالعمل جدول 1 انجام گرفت.

Table 1 The formulations used for cakes

Ingredient	Gram based on the weight of the cake flour	Weight (g)	Method
Oil	57	263	1. The creaming was done to produce light color cake batter. (About 10 minutes)
Sugar	72	330	
Eggs	72	330	2. Was added in 4-5
Flour	100	425.6	steps.
Baking powder	1.34	7.5	3. Powder ingredients Sift together and add to make the dough become semi-smooth
Milk powder	2	9.2	
Vanilla	0.5	2.3	
Whey powder	4	18.4	
Water	25	114	4. After adding water, the dough was smooth.

پس از آماده نمودن خمیر کیک، به منظور تهیه‌ی تیمارها، طبق جدول 2 پودر پروتئین ماهی و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به خمیر اضافه گردید.

خمیرهای تهیه شده در قالب‌ها و کاغذهای مخصوصی که درون آن‌ها قرار داده شده بود، ریخته شده و به مدت 30-25 دقیقه در فر با دمای 190-180 درجه‌ی سانتی‌گراد پخت گردید. کیک‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی زیپ‌دار بسته‌بندی و در دمای اتاق تا انجام آنالیزهای بعدی نگهداری شدند. کلیه‌ی تیمارها در3 تکرار تهیه گردید [12].

Table 2 Treatments of cake enrichment

Treatment	% Fish protein powder	% transglutaminase enzyme
Control	0	0
Treatment 1	6	0.5
Treatment 2	6	1
Treatment 3	8	0.5
Treatment 4	8	1
Treatment 5	6	-
Treatment 6	8	-

2-2-3- ارزیابی‌های فیزیکی

وزن مخصوص خمیر کیک با استفاده از روش محاسبه نسبت وزن 240 میلی‌لیتر از خمیر کیک به وزن 240 میلی‌لیتر آب اندازه‌گیری شد [13] برای اندازه‌گیری قوام، خمیر تهیه شده در قیفی با قطر داخلی دهانه‌ی گشاد 10 سانتی‌متر، قطر داخلی دهانه‌ی باریک 1/6 سانتی‌متر ریخته شد. قیف به طور کامل از خمیر پر شده، سپس وزن خمیر خارج شده از قیف در مدت زمان 15 ثانیه اندازه‌گیری و قوام خمیر برحسب گرم بر ثانیه گزارش شد. عدد بزرگتر نشان‌دهنده‌ی قوام کمتر خمیر است [14]. حجم کیک با استفاده از روش جابجایی دانه‌ی کلزا [16و15] و حجم ویژه‌ی کیک از طریق محاسبه نسبت حجم به وزن کیک محاسبه شد [17]. دانسیته از طریق نسبت وزن به حجم کیک به دست می‌آید که نتایج حاصله طبق آزمون حجم ویژه (عکس حجم ویژه) محاسبه می‌گردد [18].

تقارن و یکنواختی کیک با استفاده از روش AACC 10-91 (AACC, 1999) اندازه‌گیری شد. به این منظور خطکش شفاف مخصوص برای اندازه‌گیری تقارن و یکنواختی تهیه گردید. سپس یک مقطع طولی از کیک تهیه و بر روی الگو

قرار داده شد. در نهایت ارتفاع کیک در نواحی A، B، C، D و E اندازه‌گیری و تقارن و یکنواختی کیک از طریق روابط (5 و 4) محاسبه شد. در مورد یکنواختی عدد بزرگتر نشان‌دهنده یکنواختی کمتر است [19].

تقارن = 2C - B - D (4)

یکنواختی = B - D (5)

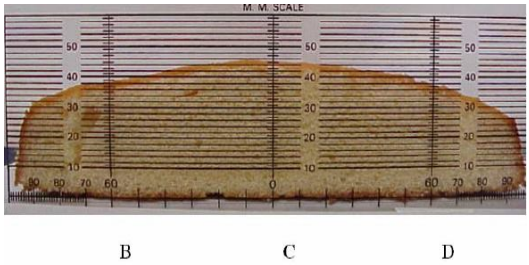


Fig 4 Transparent ruler used to measure cake symmetry and uniformity

جهت ارزیابی بافت نمونه‌ها از دستگاه اینسترون استفاده شد و مطابق روش AACC 74-09 (AACC, 1999) سفتی بافت نمونه‌ها در روز اول نگهداری در دمای محیط مورد ارزیابی قرار گرفت. سفتی بافت نمونه‌ها به عنوان حداکثر مقاومت در مقابل تغییرشکل به میزان 50 درصد فشردگی در بافت مد نظر گرفته شد. برای اینکار قطعه مکعبی به ابعاد 20×20×20 میلی‌متر از بافت مغز کیک جدا شده و پروب دستگاه به اندازه 1 سانتی‌متر (50 درصد) از بافت را فشرده کرد. نیروی وارد شده توسط پروب دستگاه 5 الی 50 نیوتن و سرعت پروب 10 میلی‌متر بر ثانیه تنظیم شد [19].

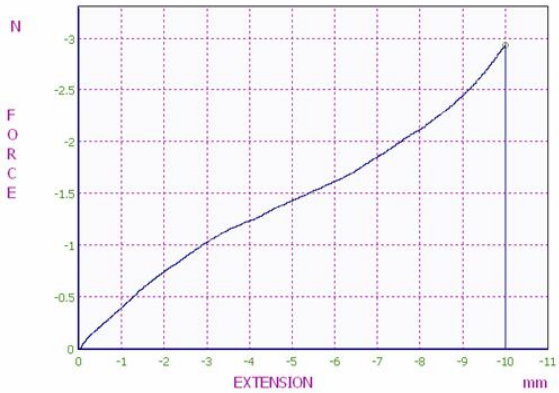


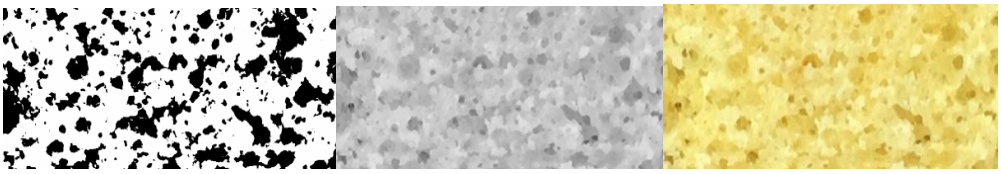
Chart 1 output Power in Newton / mm by STMctrlr

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک پس از پخت، از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد 2 در 2 سانتی‌متر از مغز کیک تهیه گردید و به وسیله‌ی دوربین 8 مگاپیکسل در اسکنر تصویربرداری شد (شکل 6 a). تصویر تهیه شده در اختیار Image J قرار گرفت. با فعال کردن قسمت 8 بیت[6]، تصاویر سطح خاکستری[7] (شکل 6 b) ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی[8]، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است (شکل 6 c) که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد می‌شود. هر چقدر این نسبت بیشتر باشد بدین معناست که میزان حفرات موجود در بافت کیک (میزان تخلخل) بیشتراست [20].

Fig 5 Porosity Evaluation of Samples Using Imaging

برای ارزیابی تغییرات رنگ نمونه‌ها از روش پردازش تصویر توسط عکس‌برداری با دوربین دیجیتال 7 مگاپیکسل و آنالیز با نرم‌افزار فتوشاپ cc استفاده شد. عکس‌ها به نرم‌افزار فتوشاپ منتقل شدند و از هر نمونه 3 نقطه به صورت تصادفی انتخاب گردید و مولفه‌های L (روشنایی)، a (قرمزی) و b (زردی) برای هر نقطه تعیین شد. سپس میانگین این نقاط به عنوان فاکتورهای رنگ‌سنجی برای هر نمونه گزارش گردید [20].

6. Bit
7. Gray level images
8. Binary Images



C B A

Fig 6 Image Sample Transformed in Imagej applicaton: A: Cake Brain Example, B: Gray Image Sample, C: Binary Image Sample

2-2-4- ارزیابی‌های شیمیایی

جهت اندازه‌گیری pH نمونه‌ها، 5 گرم از هر نمونه‌ی کیک را به کمک ترازو وزن، و با آب مقطر به حجم 50 سی‌سی رسانده و پس از مخلوط نمودن، pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pHمتری که قبلاً توسط تامپون‌های مناسب کالیبره شده بود، اندازه‌گیری گردید (شکل 7) [21].

Fig 7 pH measurement

جهت اندازه‌گیری درصد رطوبت، حدود 5 گرم از نمونه‌ی پودر پروتئین ماهی را در داخل پلیت شیشه‌ای تمیز و خشک ریخته و مقدار آن را اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس پلیت‌ها در آونی با دمای 105 درجه‌ی سانتی‌گراد تا زمان رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. پس از این مدت زمان پلیت‌ها از آون خارج شده و در دسیکاتور حاوی سلیکاژل، خنک گردید. پس از خنک شدن، پلیت‌ها به کمک ترازو، توزین و سپس با استفاده از رابطه‌ی 1، درصد رطوبت محاسبه شد [22]:

= درصد رطوبت (1)

100 × [وزن اولیه نمونه/ (وزن نهایی ـ وزن اولیه نمونه)]

برای اندازه‌گیری درصد خاکستر حدود 5 گرم از نمونه، داخل بوته‌ی چینی تمیز و خشک، توزین و در کوره‌ی الکتریکی با دمای 650 درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شد، بعد از رسیدن به وزن ثابت، نمونه‌ها از کوره بیرون آورده شده و جهت خنک شدن در دسیکاتور قرار داده شدند. سپس به کمک ترازو توزین کرده و با استفاده از رابطه‌ی 2 درصد خاکستر نمونه‌ها محاسبه گردید [23]:

= درصد خاکستر (2)

100× [وزن نمونه/ (وزن بوته خالی– وزن بوته و خاکستر پس از اتمام کوره‌گذاری)]

درصد چربی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه سوکسله اندازه‌گیری گردید. به این ترتیب که حدود 3 گرم نمونه بر روی کاغذ صافی توزین شده و در استخراج‌کننده‌ی دستگاه سوکسله قرار داده شد. سپس به کمک حلال دی‌اتیل‌اتر، چربی نمونه‌ها در طی زمانی برابر 6 ساعت استخراج گردید. پس از این مدت، بالن حاوی چربی استخراج‌شده جهت تبخیر حلال به مدت نیم ساعت در آون 75 درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شد؛ سپس با ترازو توزین شده و به کمک رابطه‌ی 3 درصد چربی محاسبه گردید [23]:

= درصد چربی (3)

100 × [وزن اولیه نمونه/ (وزن بالن خالی- وزن بالن حاوی چربی)]

جهت اندازه‌گیری پروتئین نمونه‌ها، از دستگاه کجلدال اتوماتیک Gerhard آلمان استفاده شد. بدین منظور مقدار 0/5 گرم نمونه را بر روی یک تکه کاغذ صافی وزن نموده و پس از مچاله کردن، به لوله‌ی هیدرولیز منتقل کرده و 3 گرم کاتالیزور (سولفات مس+ سولفات سدیم) و 6 سی‌سی اسیدسولفوریک غلیظ به آن افزوده و در دستگاه هیدرولیز قرار داده شد. پس از هیدرولیز کامل نمونه، محتویات لوله به دستگاه تقطیر منتقل گشت و پس از پایان مرحله‌ی تقطیر محلول بدست آمده، به کمک اسیدکلریدریک 0/1 نرمال تیتر گردید و در نهایت با استفاده از رابطه‌ی 4 مقدار پروتئین محاسبه گردید [23]:

= درصد پروتئین (4)

ضریب پروتئین × [وزن نمونه/(حجم اسیدکلریدریک مصرفی× 0/1 × 1/4)]

جهت اندازه‌گیری اسیدیته مقدار2/5-3 گرم از چربی استخراجی نمونه‌ها در یک ارلن‌مایر 250 میلی‌لیتری وزن گردید. سپس 30 میلی‌لیتر الکل خنثی، و 2 میلی‌لیتر معرف فنل‌فتالئین به آن افزوده و با محلول سود 0/01 نرمال تا پیدایش رنگ صورتی کم‌رنگ و ثابت تیتر گردید. مقدار سود مصرفی

را یادداشت نموده و به کمک رابطه‌ی 5 مقدار اسیدیته بر حسب اسیداولئیک محاسبه شد [22]:

$$Q = \frac{28.2 \times N \times V}{W}$$

که در آن : V = حجم سود مصرفی (میلی‌لیتر)، N = نرمالیته سود مصرفی، W = وزن نمونه (گرم)، Q = اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک می‌باشد.

جهت اندازه‌گیری پراسید مقدار 5-4 گرم از چربی استخراج شده را در یک ارلن‌مایر درب سمباده‌ای 250 میلی‌لیتری، وزن کرده و 30 میلی‌لیتر مخلوط اسید استیک و کلروفرم به آن اضافه شد. سپس 0/5 میلی‌لیتر محلول اشباع یدورپتاسم به آن افزوده و به مدت 1 دقیقه در تاریکی قرار داده شد. سپس 30 میلی‌لیتر آب‌مقطر و چند قطره معرف نشاسته به آن افزوده شد و محلول با تیوسولفات‌سدیم 0/01 نرمال، تا مدت زمان از بین رفتن رنگ آبی، تیتر گردید. جهت محاسبه از رابطه‌ی 6 استفاده گردید [25]:

$$p = \frac{1000 \times N \times V}{W}$$

که در آن: V = حجم تیوسولفات‌سدیم مصرفی (میلی‌لیتر)، N = نرمالیته تیوسولفات‌سدیم، W = وزن نمونه (گرم)، P = عدد پراکسید بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم چربی

2-2-5- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی بر اساس تست هدونیک 5 نقطه‌ای، طبق پارامترهای شکل ظاهری، رنگ، بو، مزه و بافت توسط 10 نفر ارزیاب انجام گرفت [26].

2-3- طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

طرح آماری مورد استفاده، طرح کاملاً تصادفی (CRD) با 7 تیمار (جدول 2) و 3 تکرار برای هر تیمار بود. متغیرهای وابسته شامل داده‌های جمع‌آوری شده از آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و ارزیابی حسی می‌باشد. تجزیه واریانس یک طرفه و مقایسه‌ی میانگین تیمارها با استفاده از آزمون PLSD در سطح احتمال 5% با استفاده از نرم افزار SAS version 9.3 انجام گردید.

3- نتایج و بحث

3-1- آزمون‌های پودر پروتئین ماهی

ترکیبات تشکیل‌دهنده‌ی گوشت خام و پودر پروتئین استخراجی از ماهی کپور معمولی، در این مطالعه، با روش استخراج با حلال در جدول 3 ارائه شده است.

Table 3 Chemical composition of meat and protein powder of fish extracted by solvent extraction

Sample	% Moisture	% Ash	% Fat	% Protein
Grilled meat	78.79	2.18	2.19	20.46
Fish protein powder	2.29	2.95	0.2	84.875

درصد چربی و رطوبت گوشت خام در مقایسه با FPP استخراجی از ماهی کپور معمولی، کاهش یافت. درصد پروتئین و خاکستر FPP استخراج‌شده از ماهی کپور نسبت به گوشت چرخ‌شده‌ی آن افزایش قابل قبولی داشت (جدول 3).

2-3- آزمون‌های وزن مخصوص و قوام خمیر کیک

وزن مخصوص (چگالی ویژه) در تیمارهای کیک آزمایشی 6 و 8 درصد پودر پروتئین ماهی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$). به‌طوری‌که با افزایش درصد FPP به تیمار شاهد وزن مخصوص کیک نیز افزایش یافت. همچنین وزن مخصوص در تیمارهای آغشته با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز نسبت به تیمارهای شاهد و بدون آنزیم افزایش معنی‌دار یافت. نتایج اندازه‌گیری وزن مخصوص خمیر کیک نشان داد با افزایش درصد FPP و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز وزن مخصوص خمیر کیک‌ها به طور معنی‌داری افزایش و قابلیت نگهداری هوا کاهش یافت (نمودار 2). با توجه به رابطه‌ی معکوس میان وزن مخصوص خمیر کیک و قابلیت ورود حباب‌های هوا به خمیر و میزان نگهداری حباب‌های هوا در بافت خمیر کیک می‌توان نتیجه گرفت افزایش درصد FPP باعث کاهش قابلیت نگهداری گاز در خمیر کیک و بنابراین افزایش در وزن مخصوص خمیر شد [27] ساهی و آوالا عنوان کردند ترکیباتی که دارای ویژگی امولسیون‌کنندگی هستند با کاهش کشش سطحی، سبب کاهش میزان انرژی مورد نیاز برای ایجاد یک فضای بین سطحی بزرگتر می‌گردد و در نتیجه با تشکیل کف های پایدار به بهبود عمل هوادهی در

خمیر کیک کمک می کنند [28] .

از آنجا که قوام خمیر با وزن خروجی از قیف رابطه‌ی عکس دارد؛ نتایج جدول 4 کاهش یافته و قوام خمیر کیک افزایش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$) [29]. به‌طوری‌که با افزایش درصد FPP به تیمار شاهد، قوام خمیر کیک افزایش یافت. بررسی قوام خمیر کیک نشان داد که خمیر کنترل دارای کمترین قوام و خمیر تیمار دارای 8 درصد FPP و 1 درصد MTGase بیشترین قوام را داشتند (نمودار 2). قوام خمیر در حفظ فیزیکی هوا که به صورت اولیه در خمیر در طول مخلوط کردن ترکیب شده، مهم است. هر چند اگر قوام خیلی پایین باشد حباب‌های هوا در خمیر به سطح آمده و از بافت خمیر خارج می‌شوند. از سوی دیگر قوام خیلی بالا ممکن است حباب‌ها را در خمیر حفظ کند، اما ممکن است انبساط را در طول پخت محدود کند [30]. به‌طور کلی افزودن FPP و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز باعث افزایش قوام خمیر کیک شد که باعث افزایش آب آزاد و افزایش در قوام گردید (نمودار 2).

Table 4 Results of specific weight and consistency of dough cake containing different percentages of fish protein powder and transglutaminase enzyme

Test	Control	Treatment						Standard error
		6% FPP	6% FPP 0.5% TG	6% FPP 1% TG	8% FPP	8% FPP 0.5% TG	8% FPP 1% TG	
Specific weight	0.989^{f}	1.034^{e}	1.048^{d}	1.053^{d}	1.063^{c}	1.074^{b}	1.088^{a}	0.00199
Consistency (g/s)	5.615^{a}	2.954^{b}	2.852^{c}	2.644^{d}	2.237^{e}	2.076^{f}	1.993^{g}	0.00903

Means in each column with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

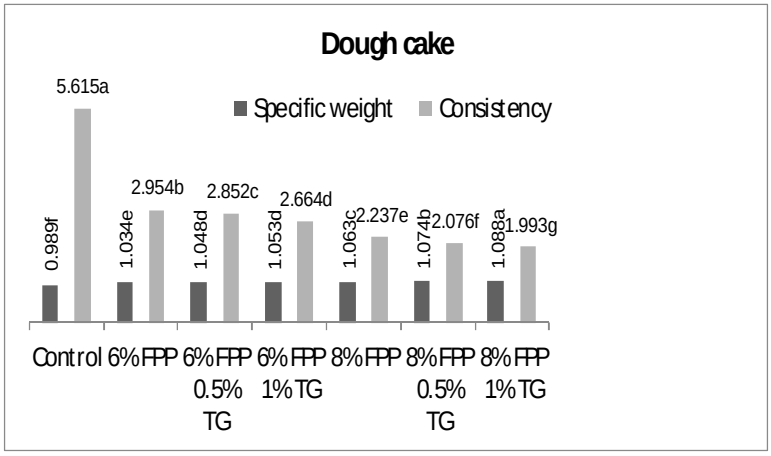


Chart 2 Comparison of specific gravity (specific density) and consistency of cake dough

3-3- آزمون‌های کیک

3-3-1- حجم

نتایج این پژوهش نشان داد که جایگزینی آرد گندم با FPP در سطوح 6 و 8 درصد، سبب کاهش حجم مخصوص کیک‌های غنی‌شده نسبت به کیک شاهد شد و با افزایش نسبت جایگزینی، حجم مخصوص کیک‌ها بطور معنی‌دار کاهش یافت ($P<0.0001$)؛ حجم کیک‌ها در تیمارهای آغشته با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز نسبت به تیمارهای شاهد و بدون آنزیم افزایش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$). به‌طوری‌که با افزایش درصد آنزیم حجم نمونه‌ها نیز افزایش پیدا می‌کند. بیشترین حجم مخصوص در این پژوهش تیمار 6 درصد FPP و 1 درصد MTGase و کمترین حجم مخصوص را تیمار 8 درصد FPP به خود اختصاص دادند (جدول 5).

کویتکا و همکاران [31] در بررسی خود عنوان می‌نمایند که کاهش حجم نان‌های غنی‌شده با FPP می‌تواند به دو دلیل باشد:

1- FPP بر خلاف گلوتنین که پروتئین اصلی آرد گندم است فاقد گلیادین و گلوتنین است، و نقش و عمل این دو ترکیب در افزایش حجم کیک بسیار تأثیرگذار است زیرا گلوتنین عامل اصلی کشش‌پذیری خمیر است. از طرفی ایجاد چسبندگی خمیر نیز مربوط به گلیادین است. بنابراین طبیعی است که با جایگزینی FPP با آرد گندم و افزایش میزان FPP در ترکیب کیک میزان گلیادین و گلوتنین آرد گندم نیز کاهش یافته و از

حجم کیک‌های غنی‌شده با FPP کاسته می‌شود.

2- FPP باعث کاهش انبساط خمیر کیک می شود که این حالت باعث ایجاد کیک‌های متراکم‌تری می‌گردد و به همین دلیل خمیرهای حاوی FPP به میزان آب و زمان بیشتری نیاز دارند تا به میزان حجم مشابه در نان‌های معمولی برسند [31].

3-3-2- دانسیته

دانسیته در تیمارهای کیک آزمایشی 6 و 8 درصد پودر پروتئین ماهی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$). به‌طوری‌که با افزایش درصد FPP به تیمار شاهد دانسیته کیک نیز افزایش یافت. اما دانسیته در تیمارهای آغشته با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز نسبت به تیمارهای شاهد و بدون آنزیم کاهش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$). به‌طوری‌که با افزایش درصد آنزیم دانسیته کاهش پیدا می‌کند. نمونه‌ی دارای 8 درصد FPP بیشترین دانسیته و 6 درصد FPP و 1 درصد MTGase کمترین دانسیته را داشت (جدول 5). افزایش دانسیته‌ی ظاهری با افزایش درصد پودر پروتئین ماهی در ترکیب کیک به دلیل کاهش ترکیب هوا در خمیر کیک است که این اثر در حجم کیک نیز مشاهده می‌شود [32]. به‌طورکلی، دانسیته و ساختار داخلی کیک به چندین فاکتور شامل مقدار پروتئین، عوامل حجم‌دهنده مانند بیکینگ‌پودر و تبخیر آب طی پخت بستگی دارد. بخار آب که طی پخت تولید می‌گردد، به تشکیل حباب‌های بیشتر هوا و به تولید کیک‌های دارای ساختار داخلی متخلخل و مطلوب و دارای دانسیته‌ی کم کمک می‌کند [33]. در تأیید نتایج حاصل از تحقیق حاضر، رستمیان [34] و ناطقی [35] نیز گزارش کرد که به ترتیب با افزودن آرد نخود و آرد لوبیاچیتی به فرمولاسیون نان، حجم مخصوص افزایش یافت که به دلیل مقدار بالاتر پروتئین در نخود و لوبیاچیتی و ایجاد شبکه شبه‌گلوتن توسط آرد آن‌ها بوده است. پژوهشگران مختلف دیگری نیز بیان کردند که حجم نهایی کیک تنها به مقدار اولیه هوا در خمیر بستگی ندارد، بلکه به ظرفیت حفظ آن طی پخت نیز بستگی دارد. در حقیقت، ویسکوزیته بالاتر، سرعت پخش گاز را کاهش می‌دهد و به حفظ آن طی مراحل اولیه پخت و هنگام تشکیل پوسته کیک اجازه می‌دهد [36و37].

3-3-3- تقارن و یکنواختی

در این روش اندازه‌گیری تقارن و یکنواختی، عدد بیشتر نشان‌دهنده‌ی تقارن و یکنواختی کمتر است. نتایج آنالیز واریانس این ویژگی نشان داد که اثر درصد پودر پروتئین ماهی در تقارن کیک معنی‌دار است. طبق نتایج جدول (5) با افزایش درصد پودر پروتئین ماهی در ترکیب کیک، تقارن کیک‌ها به طور معنی‌دار کاهش یافت ($P=0.0212$)؛ بالاترین میزان تقارن (بهترین تقارن) مربوط به کیک‌های تهیه‌شده با 6 درصد پودر پروتئین ماهی و 0/5 درصد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بود. کمترین میزان تقارن مربوط به تیمار 8 درصد پودر پروتئین ماهی و 1 درصد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بود. ازطرفی تیمار دارای بهترین تقارن (سوم) با تیمار کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت.

طبق نتایج اندازه‌گیری یکنواختی تیمارها در جدول (5) تفاوت معنی‌داری در شاخص یکنواختی دیده نشد ($P=0.5794$). تقارن بیشتر کیک‌ها به علت پراکنده شدن بهتر ترکیبات حجم‌دهنده کیک مانند بیکینگ‌پودر در طول تهیه‌ی خمیر و همچنین به علت پخش منظم و بهتر حباب‌های هوا که به عنوان هسته‌های اولیه جهت توزیع گاز حاصل از مواد شیمیایی پوک‌کننده عمل می‌کنند، می‌باشد [38]. بیشترین (بهترین) میزان یکنواختی مربوط به تیمار 6 درصد پودر پروتئین ماهی و 0/5 درصد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بود.

3-3-4- تخلخل و سفتی بافت

تخلخل در تیمارهای کیک آزمایشی 6 و 8 درصد پودر پروتئین ماهی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$). به‌طوری‌که با افزایش درصد FPP به تیمار شاهد، تخلخل کیک نیز افزایش یافت. همچنین تخلخل در تیمارهای آغشته با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز نسبت به تیمارهای شاهد و بدون آنزیم افزایش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$). به‌طوری‌که با افزایش درصد آنزیم، تخلخل نیز افزایش پیدا نمود. تیمار 8 درصد FPP و 1 درصد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بیشترین تخلخل و تیمار کنترل کمترین تخلخل را داشتند. دلیل آن را می‌توان این امر دانست که با بیشتر شدن غلظت پودر پروتئین ماهی و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز جذب آب افزایش داشته و این امر سبب ایجاد چسبناک شدن خمیر می‌شود و استحکام خمیر برای حفظ گاز کاهش می‌یابد و در نتیجه تخلخل آن‌ها نیز بیشتر می‌شود (جدول 5). در راستای افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و اثر آن بر میزان تخلخل، پوراسماعیل و همکاران [39] بیان نمودند که افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به محصولات گلوتنی صنایع پخت سبب توزیع یکنواخت حباب‌های هوا و کاهش اندازه آن‌ها می‌گردد. از این رو با

توجه به مطالعه‌ی زیوبرو و همکاران [40] کـه عنـوان کردنـد افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش انـدازه و افـزایش تعـداد سلول‌های گـازی و توزیـع یکنواخـت آن در بافـت محـصول است، می‌توان نتیجه گرفت که آنزیم ترانس‌گلوتامناز میکروبی قابلیت افزایش میزان تخلخل را دارد. نورول و همکاران [41] مقادیر مختلف پودر ماهی حاصل از ضایعات تیلاپیا را به کراکر ماهی افزودند و دریافتند که با افـزایش میـزان پـودر پـروتئین ماهی نسبت به آرد، انبساط طولی کراکـر کـاهش و بـه عـلاوه میزان سختی آن افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج ایـن محققـین افزودن پودر پروتئین ماهی، به علت تشکیل شبکه‌ای پروتئینی در داخل بافت فرآورده، منجر به حفظ ملکول‌های آب می‌شود و در نتیجه سفتی بافت افزایش می‌یابد.

3-3-5- اندازه‌گیری pH

pH در تیمارهای کیک آزمایشی 6 و 8 درصد پـودر پـروتئین مـاهی نـسبت بـه تیمـار شـاهد کـاهش معنـی‌دار یافـت (P<0.0001). به‌طوری‌که با افزایش درصـد FPP بـه تیمـار شاهد pH کیک کاهش یافت؛ pH در تیمارهای آغشته با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز نسبت به تیمـار شـاهد کـاهش و نـسبت بـه تیمارهای بدون آنزیم افزایش معنـی‌دار یافـت (P<0.0001). به‌طوری‌که با افزایش درصد آنزیم pH نیز افزایش پیدا می‌کند. محدوده داده‌های به دست آمـده بـرای pH 7/53-7/11 بـود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کـه نمونـه‌ی 8 درصـد پـودر پروتئین ماهی و 1 درصد آنزیم از نظر pH بیـشترین مقـدار و تیمار 8 درصد FPP کمترین بود که به دلیل آزاد شدن ترکیبات آمینی و چربی و آزاد شدن ترکیبات فرار و اسیدی شدن محیط بود. تاجیک و همکاران [42] اثـر اسـانس چـای سـبز و لیمـو ترش بر ویژگیهای فیزیکوشـیمایی، میکروبـی و حـسی کیـک روغنی را بررسی نمودند. آن‌هـا مـشاهده کردنـد کـه افـزودن اسانس چای سبز و لیمو تـرش باعـث کـاهش pH وافـزایش اسیدیته شد و این را به حضور گروه‌هـای کربوکـسیلی نـسبت دادند.

3-3-6- درصد رطوبت

رطوبت در تیمارهای کیک آزمایشی 6 و 8 درصد پودر پروتئین ماهی نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار یافت (P=0.003). بین تیمارهای 6 درصد پودر پروتئین ماهی با 8 درصـد پـودر پروتئین ماهی، تیمار 8 درصد FPP رطوبت بیشتری داشت؛ اما نسبت بـه تیمـار کنتـرل، هـر دو کـاهش یافتنـد؛ رطوبـت در تیمارهای آغشته با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز نسبت به تیمارهـای شاهد و بـدون آنـزیم افـزایش معنـی‌دار یافـت (P=0.003). به‌طوری‌که با افزایش درصد آنزیم رطوبـت نیـز افـزایش پیـدا می‌کند. افزایش میزان رطوبت در کیک‌های غنی‌شده با FPP و MTGase نسبت به کیـک شـاهد، قـدرت جـذب رطوبـت توسط MTGase به‌همراه FPP را نـشان داد. حـضور آنـزیم ترانس گلوتامیناز اثر معنی‌دار در روند بیاتی نیز داشـت. آنـزیم ترانس گلوتامیناز در تشکیل شبکه پروتئینی و ایجاد پلی‌مرهای پروتئینی بود، که سبب به دام انداختن آب در بافت مغز کیک و جلوگیری از مهاجرت آب از مغز کیک به پوسته آن شده و در نهایت سبب کند شدن روند بیاتی‌شدن، می‌گردد.

3-3-7- درصد چربی

به دلیل این‌که پودر پروتئین ماهی استفاده‌شده در ایـن بررسـی دارای 0/2 درصد چربی بود، در ترکیب شیمیایی کیک شاهد و کیک‌های غنی‌شده با 6 و 8 درصد FPP مشاهده شد که میزان چربی نمونه‌ها، تفاوتی چندانی با یکدیگر نداشتند؛ اما بـه‌طـور کلی مـی‌تـوان گفـت درصـد چربـی کـاهش معنـی‌دار یافـت (P<0.0001)؛ به‌طوری‌که با افزایش درصـد FPP بـه تیمـار شاهد درصد چربی کیک کاهش می‌یابد. همچنین درصد چربی در تیمارهای آغـشته بـا آنـزیم تـرانس‌گلوتامینـاز نـسبت بـه تیمارهای شاهد و بـدون آنـزیم نیـز کـاهش معنـی‌دار یافـت (P<0.0001). به‌طوری‌که بـا افـزایش درصـد آنـزیم درصـد چربی نیز کاهش پیدا می‌کند. راک‌اور و همکـاران [43] میـزان چربی کلوچه‌ی ماهی تولیدشده با ماهی قزل‌آلا را 9/83 درصد گزارش کردند. سهگال و همکاران [44] درصد چربی کلوچه‌ی ماهی تولید شده با استفاده از کپور هندی را 7 درصد گـزارش کردند. در بررسی دیگری سهگال و همکاران [45] میزان چربی کلوچه‌ی ماهی تولیدشده با گوشت ماهی کپور معمولی را 6/6 درصد گزارش کردند.. میـزان چربـی کیـک مـاهی در تحقیـق حاضر در هر شش تیمار از 10/949 تا 16/866 درصـد متغیـر بوده است؛ تفاوتی که در میزان چربی پژوهش حاضر با تحقیق نامبرده وجود دارد می‌تواند به دلیل استفاده از روغـن متفـاوت در فرآیند تولید باشد.

3-3-8- درصد خاکستر

درصد خاکستر در تیمارهای کیـک آزمایـشی 8 درصـد پـودر پروتئین ماهی نسبت به تیمار شـاهد افـزایش معنـی‌دار یافـت (P<0.0001)؛ اما در تیمار 6 درصد نسبت بـه تیمـار شـاهد

ابتدا کاهش سپس با افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در تیمار 6 درصد FPP و 1 درصد MTGas افزایش یافت. بنابراین با افزایش درصد FPP به تیمار شاهد درصد خاکستر کیک افزایش می‌یابد. همچنین درصد خاکستر در تیمارهای آغشته با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز نسبت به تیمارهای شاهد و بدون آنزیم افزایش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$). به‌طوری‌که با افزایش درصد آنزیم، درصد خاکستر نیز افزایش پیدا کرد. افزایش میزان خاکستر در کیک‌های غنی‌شده نشان‌دهنده‌ی بالا بودن میزان مواد معدنی در FPP و MTGase بود. بهاری و همکاران [46] در تحقیقات خود نشان دادند که افزودن فیبر پرتقال به کیک مافین، سبب افزایش میزان خاکستر، کاهش میزان چربی، افزایش میزان فیبر و بهبود خواص حسی نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد.

3-3-9- درصد پروتئین

مقدار پروتئین کیک‌ها متأثر از پودر پروتئین ماهی بود و مقدار آنزیم اثر قابل توجهی بر مقدار پروتئین آن نداشت. به‌طوری‌که با افزایش آنزیم پروتئین تیمارها به مقدار کمی کاهش می‌یابد. پروتئین کیک‌های غنی‌شده بیش از کیک‌های تیمار شاهد (بدون غنی‌سازی پروتئین) بود و مقدار پروتئین در کیک‌ها با افزودن پودر پروتئین ماهی افزایش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$).

راک‌اور و همکاران [43] میزان پروتئین کلوچه ماهی تولید شده با ماهی قزل‌آلا را 15/98 درصد گزارش کردند. سهگال و همکاران [44] حداقل درصد پروتئین کلوچه ماهی تولید شده با استفاده از کپور هندی[9] را 26 درصد گزارش کردند. سهگال و همکاران [45] میزان پروتئین کلوچه ماهی تولید شده با گوشت ماهی کپور معمولی را 26/6 درصد گزارش کردند. مقدار پروتئین در تیمارها از درصد 10/021 (کنترل) الی 19/646 (8 درصد FPP) متغیر بود. تفاوت در مقادیر پروتئین تیمارهای تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات اخیر به دلیل تفاوت در نوع ماهی مورد استفاده برای تهیه‌ی FPP و تفاوت های احتمالی در روش تهیه‌ی پودر است.

3-3-10 اسیدیته

اسیدیته عبارت است از مقدار اسیدهای چرب آزاد موجود در چربی، که توسط میلی‌گرم هیدروکسید پتاسیم مورد نیاز برای خنثی کردن آن‌ها، اندازه‌گیری می‌شود. در واقع اسیدیته اندازه‌گیری غیرمستقیم محتوای اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن است و از این رو شاخص تازگی محصول است. اسیدیته بالاتر مستعد بودن روغن به رنسیدیتی[10] را نشان می‌دهد [47]. اثر تیمارهای مختلف بر اسیدیته‌ی چربی کیک در روزهای 1، 7 و 14 نگهداری نشان داد که نمونه‌ی حاوی FPP بیشترین اسیدیته‌ی چربی و تیمارهای حاوی آنزیم ترانس‌گلوتامیناز کمترین اسیدیته را داشتند. میزان درصد چربی کم FPP باعث تجزیه‌ی هیدرولیتیک بوده و سبب افزایش اسیدیته چربی شد. این امر در کیک‌های تهیه‌شده‌ی آغشته با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز دیده نشد. در هر سه زمان نگهداری بالاترین اسیدیته‌ی چربی مربوط به بیشترین حد FPP و کمترین اسیدیته مربوط به نمونه‌ی حاوی آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بود. اسیدیته چربی بالا در محصولات چرب و حاوی تخم مرغ نشان‌گر فساد چربی بوده و باعث ایجاد خصوصیات کیفی نامطلوب نظیر طعم و بوی تند در محصول می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با جایگزین کردن FPP با آرد مصرفی آغشته با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز می‌توان اسیدیته‌ی چربی در کیک‌ها، که یکی از معضلات صنعتی تولید این نوع کیک‌ها است، را مهار نمود [48]. روند تغییرات اسیدیته‌ی چربی کیک تهیه‌شده از تیمارهای آزمایشی مختلف در روزهای 1، 7 و 14 نگهداری نشان داده شده است (جدول 5). نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین بزرگ غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن کاهش اسیدیته است ($P<0.0001$). اسیدیته در نمونه‌های کیک با افزایش مقدار پودر پروتئین ماهی همراه با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز کاهش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$). بر اساس این نتایج می‌توان گفت افزودن FPP و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در جهت بهبود تازگی محصول نقش بسزایی دارد..

3-3-11- پراکسید

اثر تیمارهای مختلف بر عدد پراکسید کیک در طول روزهای نگهداری 1، 7 و 14 در جدول 5 نشان داده شده است. نتیجه‌ی شاخص در این است که عدد پراکسید کیک‌های تهیه شده با FPP نسبت به نمونه‌ی کنترل و سایر نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0.0001$). عدد پراکسید کیک‌های آغشته‌شده با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز نسبت به نمونه‌ی

9. Labeo rohita

10. Rancidity

کنتـرل افـزایش و نـسبت بـه نمونـه‌ی حـاوی FPP بطـور معنی‌داری کاهش یافت (P<0.0001). از طرف دیگر ملاحظه می‌شود که با افزایش زمان نگهداری عدد پراکسید کاهش یافته است. این امر به دلیل تجزیه‌ی محصولات اکسیداسیونی چربی در طول زمان نگهداری اسـت [48]. پراکـسید در نمونـه‌هـای کیک حاوی 6 و 8 درصد پودر پروتئین ماهی به همـراه آنـزیم ترانس‌گلوتامیناز نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت، امـا ایـن افزایش معنی‌دار نبـود. اکـسیداسیون چربـی ناشـی از واکـنش چربی بـا اکـسیژن و هیـدرولیز آن متـأثر از عمـل آنـزیم‌هـای لیپولیتیک بـر روی چربـی مـاهی مـی‌باشـد. هیدروپراکـسیدها محصولات اولیه‌ی اکسیداسیون چربـی هـستند و بـه وسـیله‌ی محـصولات ثانویـه ماننـد آلدئیـدها شکـسته مـی‌شـوند و بـا پروتئین‌ها واکنش می‌دهند. این ترکیبات با رنگدانه‌هـا و سـایر مولکول‌های موجود در ماهی واکنش می‌دهند و سبب از دست رفتن رنگ و ایجاد بوی نامطبوع نیز می‌شوند [49].

Table 5 Results of Physicochemical cake containing different percentages of fish protein powder and transglutaminase enzyme

Test	Treatment							Standard error
	Control	6% FPP	6% FPP 0.5% TG	6% FPP 1% TG	8% FPP	8% FPP 0.5% TG	8% FPP 1% TG	
Volume (gr/ml)	2.572^{c}	2.447^{d}	2.716^{b}	2.872^{a}	2.24^{e}	2.545^{cd}	2.564^{c}	0.0348
Density (gr/cm^3)	0.39^{c}	0.401^{b}	0.366^{e}	0.359^{e}	0.446^{a}	0.39^{c}	0.379^{d}	0.0029
Symmetry (mm)	0.133^{b}	0.3^{a}	0.1^{b}	0.233^{ab}	0.233^{ab}	0.333^{a}	0.366^{a}	0.0519
Uniformity (mm)	0.133^{a}	0.166^{a}	0.1^{a}	0.133^{a}	0.166^{a}	0.1^{a}	0.1^{a}	0.0333
Porosity	23.039^{e}	23.657^{e}	25.726^{dc}	26.693^{bc}	25.158^{d}	26.832^{b}	28.572^{a}	0.3343
Stiffness (N)	1.981^{g}	4.363^{c}	3.978^{d}	2.463^{f}	5.363^{a}	4.852^{b}	3.385^{e}	0.0244
% Moisture	20.902^{bc}	20.414^{c}	20.903^{bc}	21.204^{b}	20.529^{c}	21^{bc}	21.866^{a}	0.1968
% Ash	1.276^{d}	1.126^{e}	1.128^{e}	1.287^{d}	1.33^{c}	1.366^{b}	1.437^{a}	0.0099
pH	7.4^{b}	7.25^{c}	7.296^{c}	7.376^{b}	7.11^{e}	7.176^{d}	7.53^{a}	0.0163
Acidity (Weight percent)	0.47^{a}	0.431^{b}	0.378^{c}	0.376^{c}	0.347^{d}	0.328^{e}	0.322^{e}	0.0033
Peroxide (Milliquivalen in kilogram)	0.092^{b}	0.181^{a}	0.199^{a}	0.234^{a}	0.179^{ab}	0.196^{a}	0.228^{a}	0.0291
% Fat	16.866^{a}	14.49^{b}	13.841^{c}	13.111^{d}	12.014^{e}	11.479^{f}	10.949^{g}	0.054
% Protein	10.021^{g}	17.236^{d}	16.887^{e}	16.439^{f}	19.646^{a}	18.605^{b}	18.197^{c}	0.0927

Means in each column with different superscript letters are significantly different (P < 0.05).

3-3-12- رنگ

رنگ کیک یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بـر بـازار پـسندی آن می‌باشد. نتایج شاخص‌های رنگ‌سنجی کیـک‌هـا در جـدول 6 آورده شده است که حاکی از کـاهش معنـی‌دار شـاخص‌هـای رنگ‌سنجی بین گروه‌های آزمایـشی اسـت (P<0.0001). بـا افزایش درصد پودر پروتئین ماهی و آنـزیم تـرانس‌گلوتامینـاز نمونه‌ها تیره‌تر شده و میزان روشـنایی (L) بـه طـور معنـی‌دار کاهش یافت (P<0.0005) . شاخص a نیز با افـزودن پـودر پروتئین ماهی کاهش یافته که نشان‌دهنده‌ی کاهش رنگ قرمـز در کیک‌ها می‌باشد. همچنین در شـاخص b بـا افـزودن پـودر پروتئین ماهی میزان زردی نمونـه‌هـا کـاهش معنـی‌دار یافـت (P<0.0001). همان‌طور که ملاحظه مـی‌گـردد، در شـاخص روشنایی، تمامی تیمارها بـا یکـدیگر تفـاوت معنـی‌دار دارنـد (P<0.05). بیشترین روشنایی مربوط به تیمار شـاهد (76) و بعد از آن تیمار 6 درصد FPP (74/667) و کمترین روشنایی مربوط به کیک‌های تهیه‌شده با تیمار 8 درصد FPP و 1 درصد آنزیم MTGase (69/333) بود. در واقع هر چه درصد پـودر گوشت چرخ‌شده در کیک‌ها بیشتر باشد روشنایی و به دنبال آن میزان سفیدی رنگ کاهش پیدا می کند. رنگ FPP که از انواع مختلف ماهی تهیه می‌گردد، متفاوت است. رنگ پودر پروتئین تولید شده از ماهی کپور معمولی، در تحقیق حاضر شیری رنگ مایل به سـفید بـود، در صـورتی کـه طـی تحقیـق دسـتورا و همکاران [50] رنگ پودر پروتئین تولید شده از ماهی ساردین، قهوه‌ای روشن، از ماهی هیک، خاکستری روشن مایل به زرد یا قهوه‌ای روشن و ماهی آنچوی، خاکستری تیره گـزارش شـده است. طبق جدول 6 می‌توان تأثیر آنزیم تـرانس‌گلوتامینـاز بـر کاهش رنگ (سفیدی) کیک را برداشت کرد. شاخص تأثیرگذار بر سفیدی کیک میزان پودر پروتئین افزوده‌شده بود که با میزان کم آنزیم افزوده‌شده، این نتیجه کاملاً منطقی می‌باشـد. در کـل می‌توان گفت افزودن FPP به‌همراه آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در تیمارها باعث کاهش معنی‌دار رنگ کیک و شاخص‌های L، a و b شد (P<0.0001).

Table 6 Results of cake color containing different percentages of fish protein powder and transglutaminase enzyme

Test		Treatment							Standard error
		Control	6% FPP	6% FPP 0.5% TG	6% FPP 1% TG	8% FPP	8% FPP 0.5% TG	8% FPP 1% TG	
Color	L	76^{a}	74.667^{ab}	71.667^{cb}	68^{d}	74.333^{ab}	70.667^{cd}	69.333^{cd}	1.015
	A	32^{a}	29.333^{b}	22^{d}	30.333^{d}	27.667^{b}	25.333^{c}	25^{c}	0.5909
	B	58.333^{a}	56.667^{a}	52.667^{b}	50^{bc}	50.333^{bc}	49^{c}	49.333^{c}	1.083

Means in each column with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

3-3-13- ارزیابی حسی

نتایج آزمون‌های ارزیابی حسی، در مقایسه با گروه‌های کنترل و تیمار در جدول 7 ارائه شده است. شکل ظاهری کیک بیشتر متأثر از رنگ فرآورده بود. به‌طوری‌که با افزایش پودر پروتئین ماهی و MTGase رنگ کیک‌ها تیره‌تر شد و با تیره‌تر شدن رنگ و مشخص شدن ظاهر دانه‌دار پودر پروتئین در کیک امتیاز حسی شکل ظاهری به طور معنی‌دار کاهش یافت ($P<0.0001$). کیک‌های غنی‌شده با پودر پروتئین 6 درصد به سبب رنگ روشن‌تر، ظاهر بهتری نسبت به کیک‌های غنی‌شده با پودر پروتئین 8 درصد داشتند و در طی دوره ارزیابی حسی تیمار حاوی 6 درصد FPP و 0/5 درصد MTGase بیشترین امتیاز را داشت (جدول 7). در بررسی نتایج حاصل از ارزیابی طعم و مزه مشاهده شد که گروه شاهد و گروه حاوی 6 درصد FPP و 0/5 درصد MTGase از امتیازات مناسبی برخوردار شده و اختلاف با یکدیگر نداشتند ($P>0.0001$). طعم و مزه در تیمارهای آزمایشی 8 درصد پودر پروتئین ماهی کاهش معنی‌دار یافت ($P<0.05$). از نظر شاخص بو، کیفیت تیمار شاهد و تیمار حاوی 6 درصد FPP و 0/5 درصد MTGase از نظر آماری در یک سطح بود ($P<0.0001$). با افزایش درصد پودر پروتئین، بوی ماهی افزایش و امتیاز حسی کاهش یافت. در طول دوره ارزیابی از لحاظ مقبولیت کلی، تیمار حاوی 6 درصد FPP و 0/5 درصد MTGase با امتیاز 8/2 بیشترین و تیمار 8 درصد FPP و 1 درصد MTGase با امتیاز 5/72 کمترین مقدار را دارا بود. بین تیمار شاهد و تیمار حاوی 6 درصد FPP و 0/5 درصد MTGase تفاوت معنی‌داری از نظر مقبولیت کلی مشاهده نگردید ($P>0.0001$). شاخص سفتی بافت کیک در تیمارهای آزمایشی حاوی 8 درصد FPP کاهش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$). نتایج نشان داد که افزایش میزان آنزیم باعث تقویت شبکه‌ی گلوتنی نمونه می‌گردد و به بهبود بافت کمک کیک‌های آغشته با آنزیم کمک می‌کند. گروه حاوی 6 درصد FPP و 0/5 درصد MTGase در این مطالعه بیشترین امتیاز بافتی را در پایان زمان آزمایش بدست آورد. از نکات مورد توجه در ارزشیابی حسی، تأثیر مثبت آنزیم بر بهبود کیفیت حسی کیک‌ها بود به طوری‌که در کیک‌های با درصد پودر پروتئین ثابت با افزایش مقدار آنزیم در حد 0/5 درصد، بو و طعم ماهی بهبود یافته و امتیاز حسی افزایش می‌یافت. به طور مثال در شاخص پذیرش کلی، تیمارهای حاوی 6 درصد پودر پروتئین ماهی با افزایش درصد آنزیم کیفیت حسی بهبود یافت؛ اما افزایش آن بیشتر از 0/5 درصد باعث کاستن امتیاز حسی در تیمارها شد. به طور کلی نتایج ارزشیابی حسی نشان داد که غنی‌سازی کیک‌ها با پودر پروتئین ماهی در مقدار 6 درصد FPP و 0/5 درصد MTGase امکان‌پذیر است (نمودار 3).

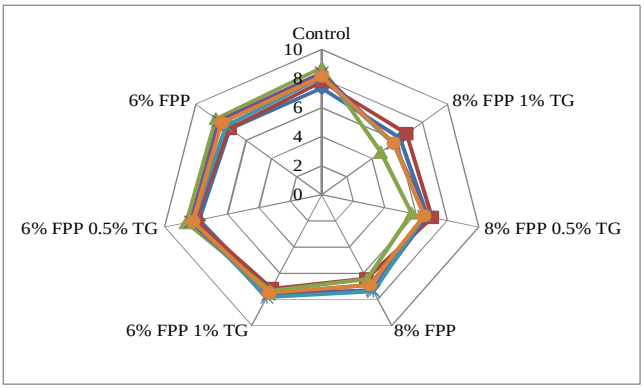


Chart 3 Sensory evaluation of enriched cakes

سهگال و همکاران [45] طعم کلوچه ماهی تولید شده با استفاده از گوشت ماهی کپور معمولی را در سه گروه وزنی مختلف بررسی و اختلاف معنی دار در بین آنها گزارش کردند.راک‌اور و همکاران [43] طعم کلوچه ماهی با گوشت قزل‌آلا، گوشت پولاک و گوشت هر دو را بررسی و به اختلاف معنی‌دار در سه گزینه دست یافتند. بهترین طعم در گزینه سوم بدست آمد. موسوی و همکاران [51] بوی کلوچه ماهی تولیدشده با استفاده از گوشت ماهی کپور معمولی را در سه گروه وزنی مختلف بررسی کردند؛ اما اختلاف معنی‌دار در بین آن‌ها را گزارش نکردند. در بررسی نتایج حاصل از ارزیابی بو در پژوهش حاضر مشاهده می‌شود که تفاوت چندانی بین تیمار 6 درصد FPP و 0/5 درصد MTGase با شاهد وجود ندارد؛ اما بین تیمارهای 8 درصد با شاهد، تفاوت معنی‌دار وجود دارد ($P<0.05$). بوی کلوچه‌های ماهی در تیمارهای آزمایشی حاوی 8 درصد FPP طی مدت زمان نگهداری در دمای محیط افزایش معنی‌دار یافت ($P<0.05$). افزایش این فاکتور را می‌توان تحت تاثیر افزایش پراکسید و شکست آن به مرور زمان و تبدیل به تیوباربیتوریک اسید دانست. سفتی بافت در تیمارهای آزمایشی 8 درصد FPP طی مدت زمان نگهداری در دمای محیط کاهش معنی‌دار یافت ($P<0.0001$). این نتایج نشان داد که افزایش میزان آنزیم باعث تقویت شبکه‌ی گلوتنی نمونه حاوی آنزیم می‌گردد و به بهبود بافت کمک می‌کند. دستورا و همکاران [50] گزارش کردند که بافت کلوچه ماهی تولیدشده با راک‌فیش سفت بوده است. سهگال و همکاران [45] بافت کلوچه ماهی تولید شده با استفاده از گوشت ماهی کپور معمولی را در سه گروه وزنی مختلف بررسی و اختلاف معنی‌دار در بین آن‌ها گزارش کردند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تیمار 6 درصد FPP و 0/5 درصد MTGase بیشترین امتیاز بافتی را در پایان زمان آزمایش بدست آورد. از نکات مورد توجه در ارزشیابی حسی، تأثیر مثبت آنزیم بر بهبود کیفیت حسی بود به طوری‌که در کیک‌های با درصد پودر پروتئین ثابت با افزایش مقدار آنزیم در حد 0/5 درصد، بو و طعم ماهی را بهبود یافته و امتیاز حسی افزایش یافت. به طور مثال در شاخص پذیرش کلی، بین تیمارهای حاوی 6 درصد پودر پروتئین ماهی و تیمارهای حاوی 6 درصد پودر پروتئین ماهی و 0/5 درصد آنزیم، با افزایش درصد آنزیم کیفیت حسی بهبود یافت؛ اما افزایش آن بیشتر از 0/5 درصد باعث کاستن امتیاز حسی در تیمارها شد. به طور کلی نتایج ارزشیابی حسی نشان داد که غنی‌سازی کیک‌ها با پودر پروتئین ماهی در مقدار 6 درصد FPP و 0/5 درصد MTGase امکان‌پذیر است.

Table 7 Results of Sensory evaluation containing different percentages of fish protein powder and transglutaminase enzyme

Test	Treatment							Standard error
	Control	6% FPP	6% FPP 0.5% TG	6% FPP 1% TG	8% FPP	8% FPP 0.5% TG	8% FPP 1% TG	
Form	7.733^{ab}	7.3^{c}	7.8^{a}	7.533^{b}	6.9^{d}	6.733^{d}	6.233^{e}	0.0766
Color	7.8^{a}	7.333^{b}	8.033^{a}	7.166^{bc}	6.4^{d}	7.033^{bc}	6.733^{dc}	0.1442
Aroma	8.766^{a}	8.4^{a}	8.633^{a}	7.33^{b}	6.466^{c}	5.733^{d}	4.7^{e}	0.1642
Flavor	8.4^{a}	8.133^{a}	8.333^{a}	7.633^{b}	7.266^{b}	6.733^{c}	5.7^{d}	0.1642
Texture	8.1^{ab}	7.6^{cb}	8.2^{a}	7.833^{cab}	7.4^{c}	6.533^{d}	5.233^{e}	0.1786
Overall acceptability	8.16^{a}	7.953^{a}	8.2^{a}	7.5^{b}	6.886^{c}	6.533^{d}	5.72^{e}	0.0968

Means in each column with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

4- نتیجه‌گیری کلی

هدف از انجام بخش نخست مطالعه، اجرا و ارزیابی تولید پودر پروتئین از ماهی کپور معمولی بود. بدین منظور با تأکید بر مقرون به صرفه بودن از لحاظ اقتصادی و قابلیت اجرایی، روش استخراج با حلال انتخاب گردید. هدف از اجرای بخش دوم مطالعه‌ی غنی‌سازی کیک با پودر پروتئین ماهی تولیدی بود. به‌منظور بهبود کیفیت کیک غنی‌شده با پودر پروتئین ماهی، از آنزیم ترانس‌گلوتامیناز نیز استفاده شد. نتایج بیانگر افت کیفی معنی‌دار کیک با افزودن مقدار بیش از حد پودر پروتئین ماهی بود. به‌طوری‌که افزایش بیش از حد مقدار FPP سبب کاهش تقارن، افزایش pH، کاهش امتیاز ارزیابی حسی، افزایش سختی بافت و افزایش رنگ (تیرگی) شد؛ اما آنزیم ترانس‌گلوتامیناز کیفیت کیک را بهبود بخشید. بهبود کیفیت با افزایش مقدار آنزیم به ویژه در سطح 0/5 درصد در شاخص سختی و ارزشیابی حسی محسوس بود. همچنین از نظر

ارزیابی حسی در فاکتورهای طعم و مزه، بافت و بو نیز تیمار حاوی 6 درصد پودر پروتئین ماهی و 0/5 درصد آنزیم ترانس گلوتامیناز با تیمار شاهد یکسان ارزیابی شد. علاوه بر اهمیت ارزش غذایی و ارزیابی حسی، با توجه به عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمار 6 درصد پودر پروتئین ماهی و 0/5 درصد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز با تیمار شاهد، می‌توان تیمار 6 درصد پودر پروتئین ماهی و 0/5 درصد آنزیم ترانس گلوتامیناز را به عنوان تیمار برتر برای تهیه‌ی کیک ماهی پیشنهاد کرد.

5- منابع

[1] Majnoon Hosseini, N. (1996). Pulses in Iran. *Publications of the Institute Publications Jihad*.

[2] Lund, L. H., Edwards, L. B., Kucheryavaya, A. Y., Dipchand, A. I., Benden, C., Christie, J. D., ... & Stehlik, J. (2013). The Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirtieth official adult heart transplant report—2013; focus theme: age. The Journal of heart and lung transplantation, 32(10), 951-964.

[3] Sowmya, M., Jeyarani, T., Jyotsna, R., and Indrani, D. 2009. Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. Food Hydrocolloids. 23: 1827–1836.

[4] Movahhed, S., Ranjbar, S. and Ahmadi Chenarbon, H. 2014. Evaluation of chemical, staling and organoleptic properties of free – gluten cakes containing Xanthan and Carboxy Methyl Cellulose gums. Iranian Journal of Biosystem Engineering. 44(2): 173-178.

[5] Riahi, K., Van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'neill, B. C., Fujimori, S., ... & Lutz, W. (2017). The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview. Global Environmental Change, 42, 153-168.

[6] Salehi, F., Kashaninejad, M., Asadi, F., Najafi, A. 2016. Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom. Journal of Food Science and Technology, 53(3), 1418-1423.

[7] Humble, N. (2012). Cake: A global history. Reaktion Books.

[8] FAO. (2006) Fish Protein Concentrate, fish flour, fish hydrolyzate. Animal Feed resource information system. http://www.FAO.ORG.

[9] Lesson S., and Summers J. D. 2005. Cimmercial poultry nutrition. 3th ed. University book. Guelph, Ontario, Canada.

[10] Yokoyama, K., Nio, N. Kikuchi, Y. (2004). Properties and Applications of Microbial Transglutaminase. Applied Microbiology and Biotechnology. 64, 447-454.

[11] Burgin, J., Rogers, R. W., and Ammerman, G. R. 1985. Effects of salt and tripolyphosphate on some quality characteristics of breaded patties made from Catfish trimmings. Journal of Food Science. 50: 1598-1601.

[12] Bitaghsir, M., Kadivar, M., & Shahedi, M. (2014). Investigation of the possibility of producing low-calorie cake containing flaxseed mucilage as fat replacer. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, *9*(3), 73-82.

[13] Lee, C. C., Wang, H. F., & Lin, S. D. (2008). Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake. Cereal chemistry, 85(4), 515-521.

[14] Pierce MM and Walker CE, 1987. Addition of sucrose fatty acid ester emulsifiers to sponge cakes. Cereal Chemistry, 64: 222-225.

[15] Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., & Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloids, 21(2), 167-173.

[16] HadiNezhad, M., & Butler, F. (2010). Effect of flour type and baking temperature on cake dynamic height profile measurements during baking. Food and Bioprocess Technology, 3(4), 594-602.

[17] Ronda, F., Gómez, M., Blanco, C. A., & Caballero, P. A. (2005). Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. Food Chemistry, 90(4), 549-555.

[18] Kocer, D., Hicsasmaz, Z., Bayindirli, A., & Katnas, S. (2007). Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar-and fat-replacer. Journal of Food Engineering, 78(3), 953-964.

[19] AACC, 1999. Approved method of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul: American Accosiation of Cereal

formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar-and fat-replacer. Journal of Food Engineering, 78(3), 953-964.

[33] Rahmati, N. F., and Mazaheri Tehrani, M.2014 .Replacement of egg in cake: Effect ofsoy milk on quality and sensorycharacteristics. Journal of Food Preservation.ISSN 1745-4549.

[34] Rostamian, M., Milani, J., Maleki, G..2012.Utilization of maize and chickpea flourfor gluten-free bread making. Journal ofResearch and Innovation in Food Scienceand Technology, 1(2), 117-128.

[35] Nateghi, L. 2018. The effect of carboxymethyl cellulose and diethyl tartaric acid on physicochemical, sensory, and shelflife of toasted enriched by chickpea and bean flour. Innovation in Food Science and Technology, 9 (2), 41-59.

[36] Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A., and Rosell, C.M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloids. 21, 167-173.

[37] Zhou, J., Faubion, J.M. and Walker, C.A. 2011. Evaluation of different types of fats for use in high-ratio layer cakes. LWT – Food Sci. Technol. 44, 1802-1808.

[38] Peyghambardoust, S., Technology of Cereal Product C2, Tabriz University of Medical Sciences Publications, 219-217.

[39] Purasmail, N., Azizi, M. H., Abbasi, Q. And Mohammadi, M. 2011. Gluten-free bread formulation using guar and microbial transglutaminase enzyme. Journal of Food Industry Research. Volume 21. Issue 1. Pages: 81-70.

[40] Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., and Juszczak, L. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten free bread. Food Hydrocolloids, 29(1): 68-74.

[41] Nurul, H., Boni, I., Noryati., 2009. The effect of different ratios of Dory fish to tapioca flour on the linear expansion, oil absorption, colour and hardness of fish crackers. International Food Research Journal 16, 159-165.

[42] Tajik, Nateghi, Berenji and Sheila.,2016. Effect of green tea and lemon essence on physicochemical, microbial and sensory characteristics of oil cake. Food Industry Research. Volume 27. Number 3. Pages:

Chemists. Ins.

[20] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.

Institute of standards and Industrial Research of Iran, (2005), ISIRI NUMBER 2553, Cake - Specification and test methods [in Persian].

[21] Haralick, R. M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. H. (1973). Textural features for image classification. IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics, 3(6), 610-621.

[22] National Standard of Iran. 1999. Biscuits - Test Properties and Methods. No. 37.

[23] National Standard of Iran. 1988. Method of measuring grain fat and its products. No. 2862.

[24] Dini, A., Migliuolo, G., Rastrelli, L., Saturnino, P., & Schettino, O. (1994). Chemical composition of Lepidium meyenii. Food chemistry, 49(4), 347-349.

[25] Hasegawa, H. 1987. Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products. Southern Asian Fishereis Development Center, Singapore. A-3. 1- 2, B- 3. 1-25, E- 2.1 -3.

[26] Salehi, F., Kashaninejad, M., Alipour, N. 2016. Evaluation of physicochemical, sensory and textural properties of rich sponge cake with dried apples powder, Innovative Food Science and Technology. 3, 34-47.

[27] Baeva MR, Panchev IN and Terzieva VV, 2000. Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes. Die Nahrung 44: 242-246.

[28] Sahi, S. S., & Alava, J. M. (2003). Functionality of emulsifiers in sponge cake production. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83(14), 1419-1429.

[29] Frye A, Mand Setser CS, 1992. Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes. Cereal Chemistry 69: 338-343.

[30] Matsakidou, A., Blekas, G., & Paraskevopoulou, A. (2010). Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. LWT-Food Science and Technology, 43(6), 949-957.

[31] Kvitka, E & Chen, F. 1982. Fish Protein Concentrate as a protein supplement in four baked product. Family and consumer sciences research journal, 11: 42-45.

[32] Kocer, D., Hicsasmaz, Z., Bayindirli, A., & Katnas, S. (2007). Bubble and pore

137-125.
[43] Rockower, R.K., Deng, J.C., Otwell, W.S., and Cornell, J. A. 1983. Effect of soy flour, soy Biology, Adam Mickiewicz University, Poznań. 95-101.
[44] Sehgal, H., Shahi, M., Sehgal, G., Thind, S. S. 2007. Some quality aspects of fish patties prepared from an Indian major carp, Labeo rohita (Ham.). International Journal
[45] Sehgal, H., Shahi, M., Sehgal, G. K., Thind, S. S. 2011. Nutritional, microbial and organoleptic qualities of fish patties prepared from carp (Cyprinus carpio Linn.) of three weight groups. Food Science Technology Journal. 48: 242-245.
[46] Bahari, Z., Zare, D. And Movahed, Q. 2018. Optimization of coating on beta-carotene-enriched gluten-free cakes by response surface methodology. Food Science and Technology. No. 76. Pages: 368-357.
[47] Nasir, M., Butt, M. S., Anjum, F. M., Jamil, A. M. E. R., & Ahmad, J. (2009). Physical and sensory properties of maize germ oil fortified cakes. Int. J. Agric. Biol, 11, 311-315.
[48] Azadmard-Damirchi, S. (2010). Chemistry and analysis of edible oils and fats. Amidi Pub., Tabriz. (In Farsi)
[49] Seifzadeh, M. 2014. Effects of whey protein edible coating on bacterial, chemical and sensory characteristics of frozen common kilka.Iranian Journal of Fisheries Sience. 13(2):477-491.
[50] Destura, F., and Haard, N. 2013. Development of intermediate moisture fish patties from minced rockfish meat (Sebastes sp.). Aquatic Food Product Technology Journal. 82: 77-94.
[51] Moosavi, S. R. A., & Khanipour, A. A. 2018. Evaluating the nutritional value and shelf life of fish patty enriched with protein concentrate from Abramis brama at ambient temperature. J Food Drug Res. 2(1): 5-9.

Physicochemical and Sensory evaluation of Cake Enriched with Fish Protein Powder (FPP) and Transglutaminase Enzyme

Babakhani, S. [1], Moghaddaszadeh-Ahrabi, S. [2*], Gharekhani, M. [3]

1. M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Agriculture & Natural Sources Faculty, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz
2. Assistant Professor, Ph.D of Biometry, Department of Food science and Technology, Agriculture & Natural Sources Faculty, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz
3. Assistant Professor, Department of Food science and Technology, Agriculture & Natural Sources Faculty, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz

(Received: 2018/09/08 Accepted:2019/12/23)

The aim of this study primary was to evaluate the production possibility of high quality protein powder type A (an almost odorless and tasteless powder with a maximum fat content of 0.75%) from milled meat of common carp through isopropanol solvent extraction method, and then the replacement of produced fish protein powder (FPP) together with the transglutaminase enzyme instead of flour in the formulation of cake and evaluation of the sensory quality, physicochemical properties and nutritional value at ambient temperature. For experiments, 1 control and 6 experimental cakes treated with 6 and 8% concentrations of fish protein powder by adding 0.5 and 1% transglutaminase levels were considered. The control treatment was free of fish protein and enzyme powders. Factors such as fat, protein, ash and moisture content were significantly different in enriched and control treatments ($P<0.05$). Peroxide value and pH increased significantly in experimental treatments containing 8% FPP in comparison with other treatments and acidity decreased significantly ($P<0.05$). Sensory factors including taste, color, texture, odor, and overall acceptability of treatments contain 6% FPP and 0.5% transglutaminase enzyme had no significant difference compared to the control sample ($P>0.05$). Wih adding transglutaminase enzyme to cakes containing fish protein powder improved the physicochemical properties of the samples.With considering the results and the absence of a significant difference between samples contain 6% FPP and 0.5% enzyme transglutaminase compared to control, this treatment can be recommended as a suitable combination for fish cake.

Keywords: Fish Protein powder (FPP), Transglutaminase enzyme, Enrichment, Cake.

*Corresponding Author E-Mail Address: s.moghaddaszadeh@iaut.ac.ir